

Identifikasi dan Inventarisasi Ekosistem Gunung Api Ruang Menggunakan Data Landsat dan Quickbird

MUHLISIN ARIEF

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN - Jakarta
E-mail: muchlisi.arief@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk melakukan inventarisasi dan mengidentifikasi ekosistem di Gunung api Ruang dengan menggunakan data satelit Landsat multispektral serta data multispektral dan panchromatic Quickbird, Beberapa metoda telah dicoba dari operasi antar band, indeks vegetasi normal sampai klasifikasi. Dan yang mendekati kearah realita adalah metoda klasifikasi. Penggunaan data multispektral yang digabungkan dengan band panchromatik menghasilkan kualitas citra klasifikasi yang lebih tajam dibandingkan hanya menggunakan data multispektral saja. Berdasarkan hasil analisa, dalam kurun waktu kuran lebih tiga tahun perubahan ekosistem pemukiman bertambah sebesar 18.62 %. Semak belukar-2 (vegetasi rapat) berkurang sebesar 21.78 % dan semak belukar-1 (vegetasi jarang) bertambah sebanyak dua kali lipat luasnya. Hal ini menandakan bahwa banyak semak belukar (daerah subur) dikonversi menjadi kebun dan lapisan lava akibat ltusan tahun 2002 telah kembali ditumbuhi oleh tumbuhan atau telah bervegetasi. Sedangkan lapisan piroklastik bertambah luasnya yang menandakan bahwa gunung api Ruang sampai saat ini masih mengeluarkan batuan maupun material lainnya.

Kata Kunci: Landsat, Quickbird, NDVI, Piroklastik, pemukiman, semak belukar

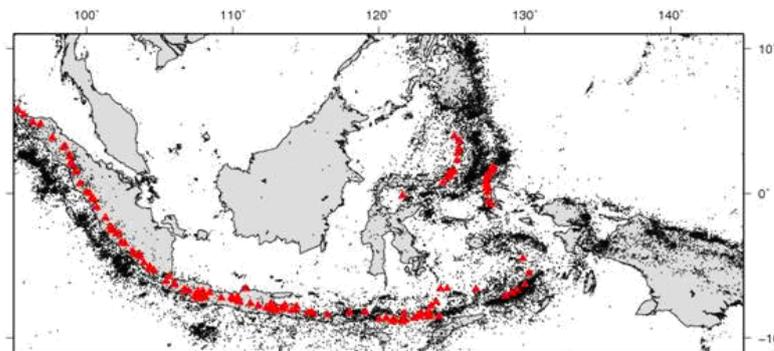
ABSTRACT

To conduct an inventory and identify ecosystem in space volcano Ruang using satelit data of multispectral Landsat and multispectral and panchromatic quickbird , several method have tried from inter-band operation , Normalized Index vegetation, to classification and classification method produce image that approach toward reality on tge ground. The use of multispectral data combined with the band panchromatic produce quality classification image sharper than juast using multispectral data alone. Based on the analysis, within a periode of three years of ecosystem change cover the settlement increased by 18.62%, shrub-2 (dense vegetation) was reduced by 21 % and shrub-1 (rare/ less dense vegetation) area increased by twice time. This indicates that a lot of bushes (fertile area) is converted into garden and a layer lava from eruption of 2002 has been recoved by plant or have been vegetated. While the extend of pyroclastic layer increases indicating that up to now the volcano Ruang still active and still remove rocks or other materials.

Key words : Landsat, Quickbird,NDVI, Piroclatic, settlement, shrub.

1. PENDAHULUAN

Kurang lebih ada 1500 gunung api aktif (tidak termasuk gunung api dibawah laut) diseluruh dunia (ESA-2004) dan Indonesia termasuk wilayah yang dilewati oleh deretan gunung api (lihat Gambar 1). Indonesia adalah negara kepulauan dengan daratan yang luas dan sederetan gunung berapi serta terletak di daerah pertemuan beberapa lempeng tektonik yang sampai saat ini Indonesia mempunyai banyak gunung api aktif. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral mencatat 129 gunung api atau sekitar 13% dari seluruh gunung api di dunia berada di Indonesia. Sampai saat ini tercatat ada 80 gunung api yang dikategorikan aktif yang berpotensi untuk meletus. Deretan gunung api di Indonesia dapat dilihat pada gambar dibawah ini (lihat gambar -1). Dengan demikian indonesia memiliki pulau-pulau vulkanik. pulau vulkanik yang terbentuk di Indonesia mempunyai kondisi fisik lahan yan bervariasi. Variasi tersebut diakibatkan oleh aktifitas letusan dan tingkat deformasi batuan.



Gambar 1. Sebaran Gunung Api di Indonesia

Perkembangan teknologi dan kemajuan ekonomi akan mengakibatkan perubahan tata guna lahan sehingga banyak kawasan hutan berubah menjadi kawasan pemukiman dan industri. Perubahan tersebut dapat mengakibatkan terganggunya keseimbangan ekosistem salah satunya adalah menurunnya daya serap tanah terhadap air, yang akhirnya akan penurunan volume air tanah dan meningkatnya air larian (surface running off), yang menyebabkan erosi atau runtuhnya lereng. Penelitian kawasan pegunungan seperti Gunung Ruang belum dilaksanakan secara optimal. Oleh karena itu, perlu dilaksanakan kajian maupun penelitian ekosistemnya agar dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan Rencana Penataan Wilayah Pariwisata dikemudian hari nanti.

Untuk melaksanakan maksud tersebut diatas, teknologi yang paling murah dan efisien adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh satelit (satellite remote sensing technology). Penginderaan jauh satelit merupakan alat yang dapat mengindra suatu objek dipermukaan bumi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik dengan tanpa menyentuh objek itu sendiri (Lillesand dan Kiefer, 1994), dan penggunaan data satelit memungkinkan untuk mengetahui tentang beragam fenomena gunung api. Misalnya : 1). memantau tempat panas temporal dan pola spasialnya (Harris et al. 2000). 2). Diskriminasi/membedakan permukaan batuan vulkanik, tekstur dan komposisi batuan (Gaddis 1992) ; 3). Gunung api yang berhubungan dengan deposit misalnya aliran lahar, guguran puing (Kerle, 2003) atau analisis ekosistem penutup lahannya (Sukojo 2003).

Tujuan Penelitian untuk mengetahui ekosistem dan menginventarisir sumber daya alamnya/tutupan lahan di wilayah Gunung Ruang atau Pulau Ruang yang meliputi vegetasi, lahan terbuka dan lapisan akibat muntahan gunung apinya seperti lapisan piroklastik, lava dan sebagainya. Pada penelitian ini digunakan data satelit Landsat yang direkam pada tanggal 7 September 2002 dan data satelit Quickbird tanggal 2 Agustus 2005 dengan studi kasus Gunung Api Ruang atau Pulau Ruang yaitu sebuah pulau kecil di Kabupaten Sitaro, Propinsi Sulawesi Utara. Secara geografis pulau ini berada pada $2^{\circ}17' - 2^{\circ}20'$ LU dan $125^{\circ}20'30'' - 122^{\circ}23'30''$ BT. Pulau ini berpenghuni dan ada dua desa Pumpete dan Laingpatehi, Kecamatan Tagulandang.

2. STUDI LITERATUR

2.1. Satelit Landsat dan Quickbird

Seluruh data satelit komersial (Landsat dan Quickbird) merupakan salah satu satelit beresolusi sangat tinggi yang dapat diakses oleh pengguna/publik. Pengguna dapat membeli/pesan citra ini untuk lokasi dimanapun yang tidak dianggap rahasia oleh pemerintah setempat (lokasi yang telah ditetapkan oleh perjanjian antara pemerintah suatu Negara dengan provider data utama Quickbird), Satelit Landsat-7 diluncurkan pada tanggal 15 Desember 1998 menggantikan Landsat-6 yang gagal mengorbit. Satelit Landsat mempunyai resolusi spasial 30 meter untuk multispektral dan 15 meter untuk kanal panchromatic. Sedangkan Quickbird diluncurkan pada 18 Oktober 2001 dari Vandenberg Air Force Base di California yang dapat merekam 75 juta km² permukaan bumi pertahun. Satelit Quickbird mempunyai resolusi spasial 2,4 meter untuk multispektral dan 0,61 meter untuk kanal panchromatic.

Tabel 1. Spesifikasi data satelit Landsat dan Quickbird

Band	Panjang gelombang		Aplikasi
	Landsat (µm)	Quickbird (µm)	
1	0.45 – 0.52	0.450 - 0.520	Mendukung analisis sifat penggunaan lahan, tanah, vegetasi
2	0.53 – 0.61	0.520 – 0.600	Peka terhadap perbedaan vegetasi, dan nilai kesuburan
3	0.63 – 0.69	0.630 – 0.690	Memperkuat kontras kenampakan vegetasi dan non vegetasi
4	0.78 – 0.90	0.760 – 0.900	Tanggap terhadap biomasa vegetasi dan identifikasi tanaman
5	1.55 – 1.75		Menentukan jenis tanaman dan kandungan air
6	10.40 – 12.50		Deteksi perubahan suhu obyek
7	2.09 – 2.35		Identifikasi Formasi batuan dan analisis bentuk lahan
8	0.52 – 0.90	0.445 – 0.900	untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi

2.2. Apa Gunungapi

Gunungapi adalah gundukan tanah yang mempunyai lubang kepundan atau rekahan dalam kerak bumi tempat keluarnya cairan magma atau gas atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Material yang di erupsikan ke permukaan bumi umumnya membentuk kerucut terpancung. Gunungapi diklasifikasikan ke dalam dua sumber erupsi, yaitu (1) erupsi pusat, erupsi keluar melalui kawah utama; dan (2) erupsi samping, erupsi keluar dari lereng tubuhnya; (3) erupsi celah, erupsi yang muncul pada retakan/sesar dapat memanjang sampai beberapa kilometer; (4) erupsi eksentrik, erupsi samping tetapi magma yang keluar bukan dari kepundan pusat yang menyimpang ke samping melainkan langsung dari dapur magma melalui kepundan tersendiri.

Bentuk dan bentang alam gunungapi, terdiri atas : 1). bentuk kerucut, dibentuk oleh endapan piroklastik atau lava atau keduanya; 2). bentuk kubah, dibentuk oleh terobosan lava di kawah, membentuk seperti kubah; 3). kerucut sinder, dibentuk oleh perlapisan material sinder atau skoria; maar, biasanya terbentuk pada lereng atau kaki gunungapi utama akibat letusan freatik atau freatomagmatik; plateau, dataran tinggi yang dibentuk oleh pelamparan lelehan lava.



Gambar.2. Struktur gunungapi

Sulawesi utara termasuk dalam deretan gunung api. Gunung api dalam setatus normal adalah: Gunung Awu di Kabupaten Sangihe, Gunung Ruang di Kabupaten Sitaro, Gunung Klabat di Kabupaten Minahasa Utara, Gunung Dua Sudara Kabupaten Minahasa Utara-Kota Bitung, Gunung Mahawu di Kota Tomohon dan Gunung Ambang di Kabupaten Minahasa Selatan-Kota Kotamobagu.

Menurut peta geology, Gunung Api Ruang atau Pulau Ruang termasuk pulau vulkanik aktif di Kabupaten Sitiro, yang mana ekosistemnya terdiri dari lapisan piroklastik yang tersusun dari bongkahan batu besar sampai dengan kepingan batu dan leleran lava (hasil letusan tahun 1904 dan 1949) serta leleran lava (hasil letusan tahun 2002).

2.3. Ekosistem Pulau Ruang

Ekosistem adalah suatu system ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Juga bisa dikatakan suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur antara lingkungan hidup dan saling mempengaruhi. Secara rinci bentuklahan Pulau Ruang dapat dibedakan menjadi enam kelas seperti berikut: 1). Kawah (868 m); 2). Kerucut gunungapi lereng atas (35 °); 3). Kerucut gunungapi lereng tengah (20 °); 4). Kerucut gunungapi lereng kaki (5-10 °); 5). Aliran lava dan 6). Gisik (*beach*) dan tebing pantai (*Cliff*).

Ekosistem Pulau Ruang terdiri dari : Ekosistem lahan terbuka adalah ekosistem lahan akibat perambahan dan aktivitas manusia atau akibat alam. komunitas vegetasi pegunungan (*subalpine*) tropis pada ketinggian di atas 2500 meter berupa pohon kerdil dan ditumbuhi lumut kerak.

Ekosistem pemukiman adalah ekosistem tempat manusia hidup dan bermukim. Ekosistem semak belukar meliputi savana yang merupakan daerah peralihan antara hutan dan padang rumput. Savana terjadi karena keadaan tanah dan atau kebakaran yang berulang dan bukan disebabkan oleh keadaan iklim. Vegetasinya harus tahan terhadap kekeringan dan kebakaran, jumlah jenis dalam vegetasinya tidak besar. Rumput-rumput yang termasuk ke dalam genera *panicum*, *penisetum*, *andropogon*, dan *imperata* merupakan penutup yang dominan, sedangkan pohon-pohon yang tersebar memiliki jenis yang berbeda dari jenis pohon-pohon dihutan.

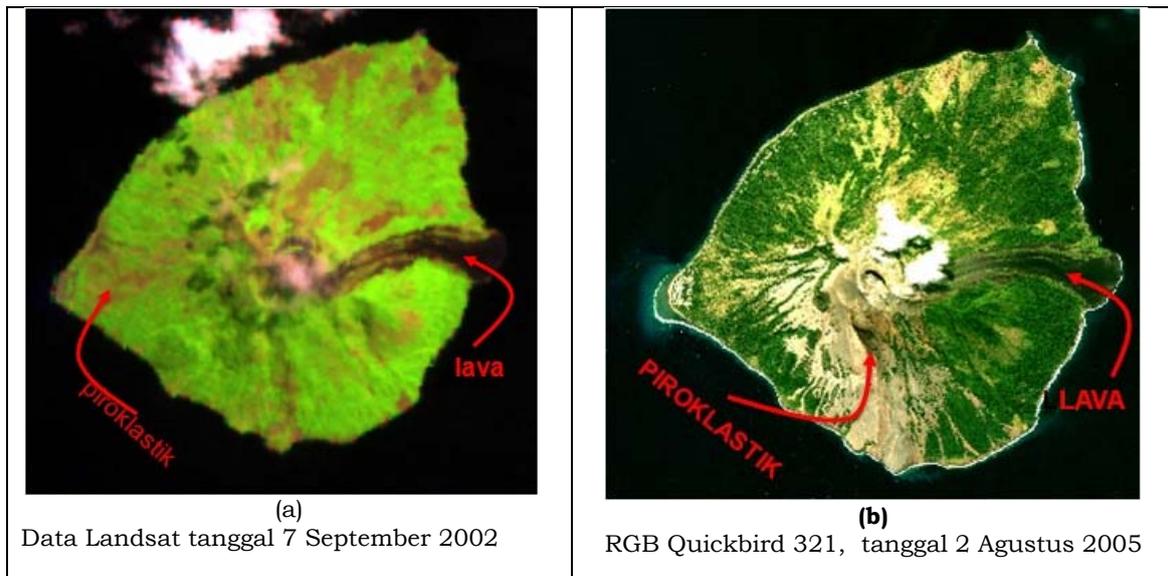
Ekosistem kebun/tegalan merupakan daerah pengelolaan pertanian. Sumber daya yang merupakan basis ekosistem ini adalah lahan basah dan lahan kering. Eksplorasi sumber daya ini dapat menimbulkan kerusakan lingkungan yang dapat berakibat lingkungan tersebut menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi.

Ekosistem tegalan ini mencakup kebun campuran, tegalan dan bentuk pertanian lainnya yang umumnya berada di sekitar taman nasional.

Ekosistem lahan terbuka pada wilayah gunung Ruang dan sekitarnya terdiri atas lahan kosong tanpa vegetasi akibat singkapan permukaan dan lahan terbuka akibat pengaruh aliran lava, khususnya pada lereng sebelah timur gunung Semeru dan di sekitar puncak gunung Semeru yang karena ketinggian tempat tersebut termasuk dalam zona subalpin, yang hanya dapat ditumbuhi tumbuhan kerdil dan lumut kerak.

3. METODE DAN DATA

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dan data primer. Data primer yang digunakan adalah satelit *quikbird* dengan band 1,2,3,4, dan band *panchromatic* sedangkan data sekundernya antara lain citra peta topografi propinsi Kabupaten Tagulandang skala 1 : 250.000 dan hasil *survey* lapangan, Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan meliputi komputer dengan sistem operasi dan peralatan *GPS* (*Global Positioning System*) jenis navigasi. Program pengolahan citra *ER-MAPPER*, *ENVI 4.4* dan program *ArcView GIS* versi 3.1 merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini. Tahap pelaksanaan kegiatan penelitian secara garis besar meliputi pengadaan citra *quikbird*, pengumpulan data primer/sekunder, studi pustaka, interpretasi data penginderaan jauh. Pengolahan citra dimaksudkan sebagai langkah-langkah persiapan agar citra dapat digunakan dalam mengidentifikasi, menginventrisasi dan analisis ekosistem. Langkah-langkah dalam pengolahan citra terdiri dari perbaikan koreksi geometrik, kekontrasan citra, dan penyusunan citra komposit. Pada Gambar 3.a dan 3.b adalah citra *Quickbird* dengan yang telah dilakukan *stretching* untuk menambah kekontrasan citra.



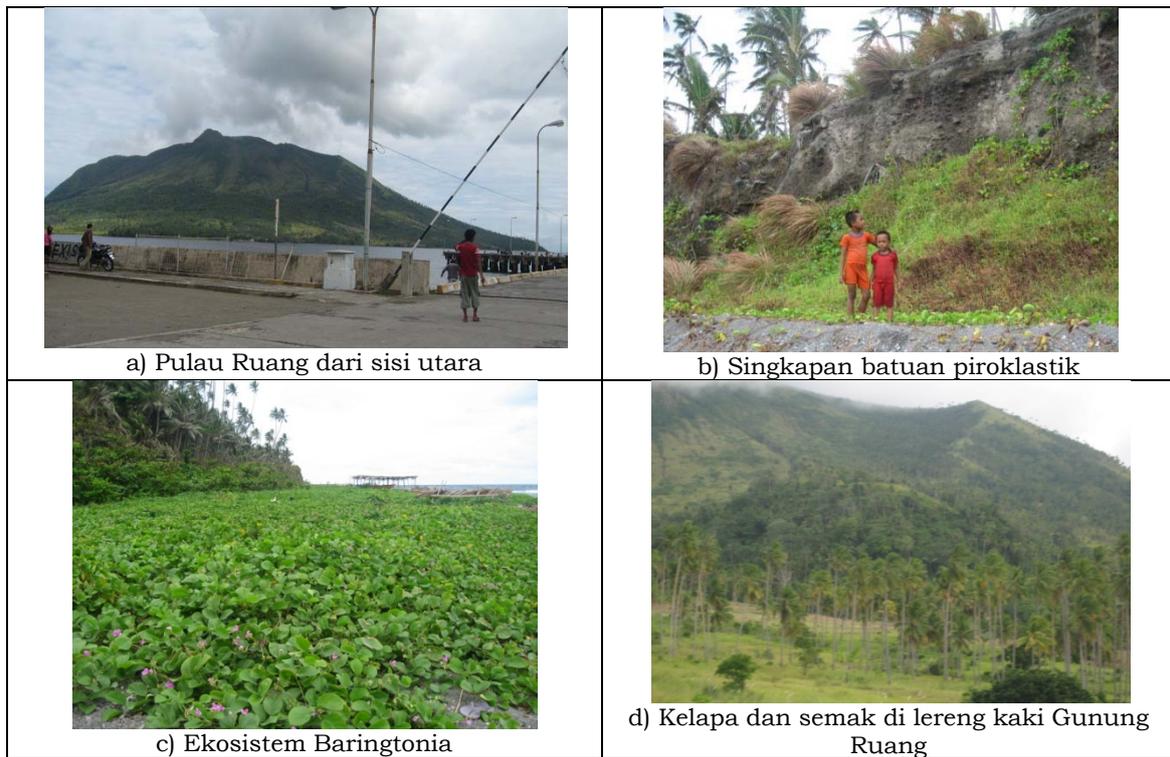
Gambar 3. Citra Lansat dan Quickbird

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

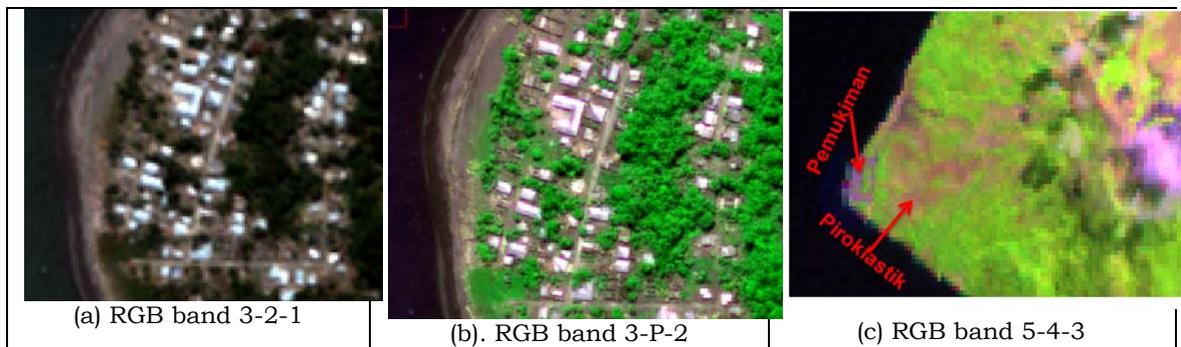
Untuk mendapatkan peta ekosistem wilayah gunung Ruang, dilakukan *overlay* antar *overlay* antara band pachromatic dengan multispektral. Kemudian dilakukan pengecekan lapangan untuk memperoleh tipe-tipe ekosistemnya. Sebagaimana diketahui bahwa lahan dipulau ruang terdiri dari batuan piroklastik (batuan dari muntahan gunungapi yang sudah berumur ribuan tahun) dan lava (batuan dari muntahan gunungapi yang sangat keras dan tanaman /tumbuh-tumbuhan susah hidup di atasnya), sehingga vegetasi yang tumbuh di atasnya adalah pohon kelapa dan semak belukar (lihat Gambar 4.a. sampai 4.d).

Gambar 5 adalah citra RGB Quickbird di desa Pumpete dan laingpatehi (dikaki gunung Ruang). Pada Gambar 5.a adalah citra Landsat RGB 543 dengan perbesaran 4 kali, yang memperlihatkan bahwa untuk ekosistem pemukiman tidak terlihat bentuk detailnya/texturenya begitu pula dengan objek vegetasi agak buram (*bluring*) dibandingkan dengan Gambar 5.b. Pada Gambar 5.b. adalah citra Quickbird multispektral RGB 321 dengan resolusi 2,4 meter yang memperlihatkan detail objek agak buram (*bluring*). Pada gambar 5.c adalah gabungan multispektral resolusi 2,4, meter dengan panghromatik resolusi 0,6 meter, yang memperlihatkan bahwa kualitas gambar lebih jelas dan detail dari setiap objek terlihat lebih tegas.

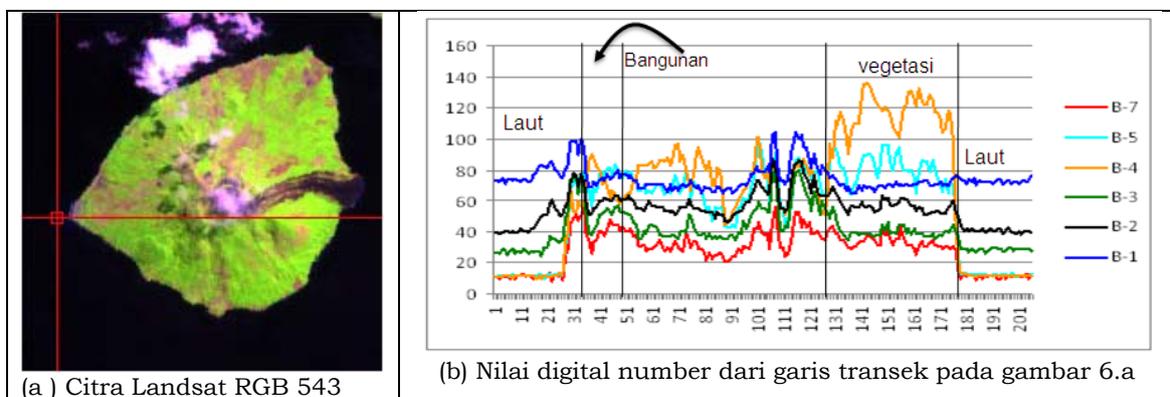
Kalau dilihat nilai dari digital number (grey level) dari citra landsat dan Quickbird dari masing-masing objek dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini. Pada gambar 6.b memperlihatkan bahwa untuk vegetasi band-4 lebih dominan dari pada band lainnya, akan tetapi nilai tersebut hanya dapat membedakan vegetasi rapat dan vegetasi jarang saja. Sedangkan untuk objek pemukiman dan lapisan piroklastik tidak dapat dibedakan artinya kadang-kadang nilai digital number band-4 lebih besar dari dari nilai band lainnya kadan-kadang nilai digital number band -5 lebih besar dari band lainnya. Dengan demikian identifikasi ekosistem secara detail dengan menggunakan citra Landsat yang didasarkan pada nilai masing-masing pixel akan menyisakan banyak masalah.



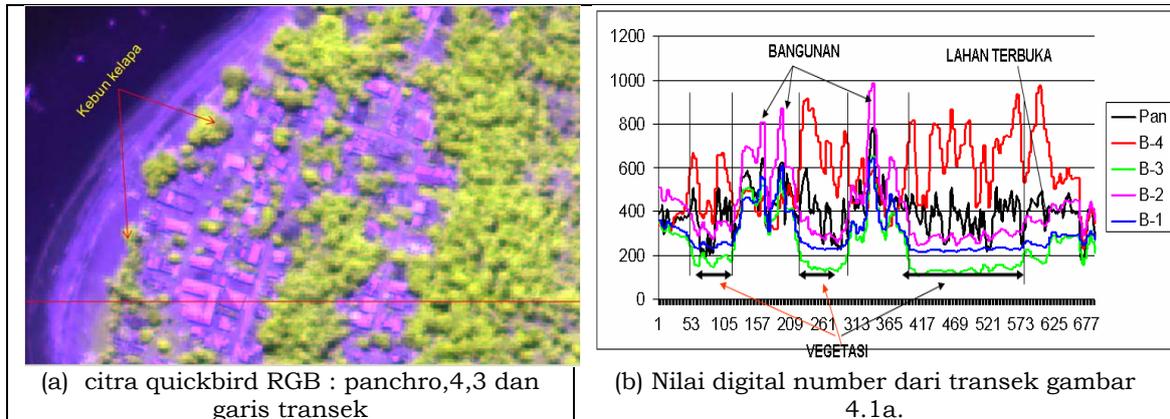
Gambar 4. Gunung ruang dan ekosistemnya



Gambar 5. Desa Pumpete dan laingpatehi dilihat dari satelit Quickbird dan Landsat

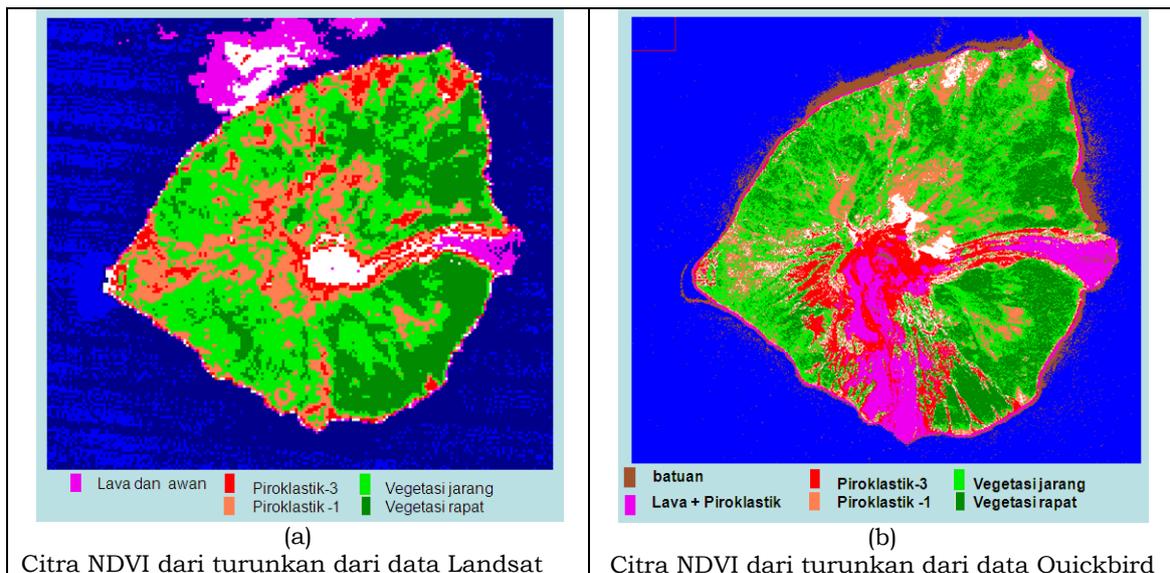


Gambar 6. Citra landsat dan nilai digital number dari transeknya



Gambar 7. Cropping data Quickbird, garis transeknya serta nilai digital numbernya

Gambar 7 adalah cropping data quickbird RGB dari band panchromatic, band-4 dan band-3 serta grafik dari nilai digital number dari garis transeknya. Secara visual kenampakan ekosistem terlihat lebih jelas artinya hubungan antara setuap unsure/objek terlihat lebih jelas. Hal ini disebabkan ukuran dari objek lebih besar dari ukuran pixelnya. Pada Gambar 7.a. kenampakan objek ekosistem terlihat lebih jelas dibandingkan dengan Gambar 6.a. Dimana pada citra tersebut kenampakan vegetasi terlihat jelas dan dapat dibedakan antara tumbuhan yang tinggi (semak belukar) dan vegetasi rendah. Hal ini dikarenakan resolusi spasial band Panchromatik yang lebih baik (0.6 meter). Gambar 7.b. adalah nilai digital number dari garis transek pada Gambar 7.a. dimana pada grafik tersebut mempunyai nilai nol maksimumnya 1024 (citra Quick Bird dicode dalam 16 bit), Pada Gambar tersebut memperlihatkan bahwa untuk bangunan (*man made*) nilai digital number band-2 lebih dominant dari band lainnya, Sedangkan untuk vegetasi, nilai digital number band-4 lebih dominant dari band lainnya. Walaupun demikian, nilai tersebut sangat bervariasi, sehingga agak sulit membedakan antara vegetasi tinggi dengan vegetasi rendah atau membedakan vegetasi sangat jarang dengan lahan terbuka atau lapisan piroklastik. Begitu pula dengan ekosistem lainnya (misalnya lahan terbuka, lapisan lava, laisan piroklastik dan lainnya). Persoalan ini dapat dilihat dari penyebaran vegetasinya Hal ini bisa dilihat dari nilai indek vegetasinya. *Normalized Index Vegetation* didefinisikan dengan $(\text{band IR}-\text{band NIR})/(\text{band IR}+\text{band NIR})$. Hasil perhitungan formula tersebut untuk citra Landsat dan Quickbird dapat dilihat pada Gambar 4.5. dibawah ini.



Gambar 8. Citra NDVI yang diturunkan dari data Landsat dan Quickbird

Tabel 3. Luasan ekosistem ruang berdasarkan hasil klasifikasi

NO.	Nama objek	Luas (ha) Satelit Landsat	Luas (ha) Satelit Quickbird	Percentage Perubahan (%)	Keterangan
1	Pasir	31.5	4.442	- 85.71	
2	Bangunan	57.06	67.690	+ 18.62	Pemukiman
3	Kebun	486.24	401.141	- 17.5	Kebun kelapa
4	Piroklastik -1	181.675	181.675	0	Lapisan dipantai
5	Piroklastik- 2	72.54	45.560	- 39.23	
6	Piroklastik -3	24.66	101.809	+ 309.5	
7	Batuan-1	28.98	162.282	+ 444.33	
8	Batuan-2	-	28.382		
9	Lava	86.4	39.741	- 54.0	
10	Semak belukar-1	60.93	199.313	+ 227.11	vegetasi jarang
11	Semak belukar-2	352.71	275.866	- 21.78	Vegatasi rapat

Pada Gambar 9.a adalah citra klasifikasi yang diturunkan dari data Landsat, menunjukkan bahwa untuk ekosistem vegetasi mempunyai kualitas yang sama dengan citra index vegetasi (lihat Gambar 9.a), sedangkan untuk ekosistem non vegetasi citra klasifikasi mempunyai kualitas yang lebih baik. Hal ini disebabkan banyak ekosistem yang ukuran spasialnya lebih kecil dari ukuran pixel Landsat. Pada Gambar 9.b. menunjukkan bahwa secara kualitas hasil klasifikasi citra lebih tajam baik dibandingkan dengan citra NDVI yang diturunkan dari data Landsat maupun Quickbird atau dibandingkan dengan hasil klasifikasi citra Landsat. Hal ini disebabkan ukuran spasial objek ekosistem lebih besar dari resolusi spasial quickbird (2.4 meter untuk multisppektral dan 0.6 meter untuk panchromatik).

Berdasarkan hasil analisa diatas (lihat Tabel.3) , data satelit Landsat hanya dapat diklaskan mengadi delapan (8) klas, sedangkan data Quickbird bisa diklaskan menjadi sembilan (9) klas atau lebih. Hal ini menandakan pengklasan menggunakan data resolusi lebih tinggi dapat mengklaskan objek lebih detail atau dapat dikatakan bahwa resolusi sangat memegang peranan penting dalam mengklaskan kedetailan objek. Tabel 3 menunjukkan bahwa percentase perubahan ekosistem gunung api ruang selama tiga tahun (tahun 2002 hingga 2005) terjadi secara signifikan. Dimana Pemukiman bertambah sebesar (10 ha) atau 18.62 percent. Berarti penduduk setiap tahun bertambah banyak baik penduduk baru atau penduduk dari luar pulau yang membuka hutan di daerah Gunung Ruang. Semak belukar-2 (vegetasi rapat) berkurang sebesar kurang lebih 77 ha atau ± 21.78 % berarti dengan bertambahnya penduduk, maka banyak hutan yang dikonversi oleh penduduk menjadi lahan pertanian. Sedangkan semak belukar-1 (vegetasi jarang) bertambah sebanyak lebih kurang 139 ha atau ± 227 %. Hal ini menandakan bahwa lahan subur telah tumbuh kembali (menjadi kebun tanaman keras/ bukan tanaman semusim) dan juga ada sebagian lapisan piroklastik-2 yang telah dikonversi menjadi lahan perkebunan dan sebagian lagi dibiarkan bervegetasi (menjadi semak belukar), lapisan piroklastik-1 yang terdiri dari lapisan batu keras, banyak dijumpai dipinggir pantai tida ada perubahan (0 %) ini menandakan bahwa lapisan itu tidak dapat dikonversi atau ditumbuhi oleh tumbuh-tumbuhan karean merupakan daerah batuan keras. Sebaliknya lapisan piroklastik-3 luasannya bertambah menjadi 101 ha (luasnya bertambah lebih kurang 77 ha atau ± 300 %). Hal ini, menandakan bahwa gunung api Ruang sampai saat ini masih mengeluarkan batuan maupun material lainnya yang sewaktu-waktu dapat meletus kembali dengan memuntahkan materia;l yang kemungkinan besar lebih banyak lagi.

5. KESIMPULAN

Hasil keseluruhan proses yaitu *Normalized Vegetation index*, klasifikasi dengan maximum likelihood, atau pengurangan antar band (pengurang nilai digital number antar band), maka penggunaan data multispektral (Landsat dan Quickbird) hanya dapat mengklaskan ekosistem yang mempunyai ukuran spasial lebih besar dari ukuran pixel dan penggunaan data Quickbird multispektral yang digabungkan dengan band panchromatik menghasilkan citra klasifikasi lebih tajam/detail dibandingkan dengan citra multispektral.

Berdasarkan hasil analisa di atas, pengklasan ekosistem di Gunung Ruang dengan menggunakan data Landsat dapat diklaskan menjadi 8 ekosistem, sedangkan dengan menggunakan data quickbird dapat diklaskan menjadi 9 ekosistem berarti klasifikasi dari data Quickbird lebih tajam dibandingkan dengan Landsat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ESA (n.d.), 2004, *European Space Agency - Eduspace*, [on-line] <http://www.eduspace.esa.int/eduspace/main.asp?ulang=en>, accessed
- [2]. GADDIS , L. R. 1992. Lava-flows characterization at Pisgah volcanic field, California, with multiparameter imaging radar. *Geological Society of America Bulletin*, 104, 695 – 703.
- [3]. KERLE, N., FROGER, J.-L., OPE NHEIMER, C. & VANWYK DE VRIES , B. 2003. Remote sensing of the 1998 mudflow at Casita volcano, Nicaragua. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 4791 – 4816.
- [4]. HARRIS , A. J. L., FLYNN, L. P., DEAN, K. ET AL. 2000. Real-time satellite monitoring of volcanic hot spots. In: MOUGINIS -MARK, P. J., CRISP, J. & FINK, J. F. (eds) *Remote Sensing of Active Volcanism. Geophysical Monograph*, American Geophysical Union, 116, 139 – 159.
- [5]. Lillesand, T.M. dan Kiefer, R.W. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [6]. Sukojo. M.B., Pemetaan Ekosistem Di Wilayah Gunung Bromo Dengan Teknologi Penginderaan jauh, *MAKARA, TEKNOLOGI*, Vol. 7 Nu. 2, 2003 hal. 63 – 72.
- [7]. Wikanti Asriningrum, Analisis Fenomena Ekosistem Laut di Pulau Tipe Vulkanik (Pulau Ruang), wikantia@yahoo.com.